

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-033712  
(43)Date of publication of application : 14. 02. 1991

(51)Int. Cl. G02B 26/10  
// G03G 15/04  
H04N 1/04  
H04N 1/23

(21)Application number : 01-142740 (71)Applicant : RICOH CO LTD  
(22)Date of filing : 05. 06. 1989 (72)Inventor : SUZUKI SEIZO  
ENDO OSAMU  
SAKUMA NOBUO  
YAMAGUCHI KATSUMI

## (30)Priority

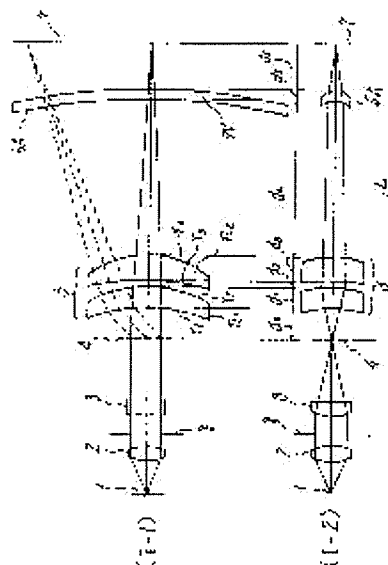
Priority number : 63176320	Priority date : 15. 07. 1988	Priority country : JP
63332472	29. 12. 1988	JP
64 61876	13. 03. 1989	JP

## (54) SCANNING OPTICAL SYSTEM AND OPTICAL SCANNER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To compensate curvature of field and make an excellent optical scan with small variation in spot diameter possible by providing a barrel-shaped toroidal surface as a concave surface for field curvature compensation.

CONSTITUTION: A lens for light scanning consists of plural lenses and a correction optical system is a long-sized toroidal lens 6A arranged between the lens for light scanning and an unscanned surface and includes the barrel-shaped toroidal surface, whose radius of curvature in a subscanning direction decreases with the distance of the optical axis in a main-scan corresponding direction, is contained as the concave lens surface. Consequently, the curvature of field in the subscanning direction can be compensated excellently and the optical scanning system which has good mass-productivity is obtained. Further, the constitution is simple, the cost is reducible, and an excellent optical scan can be made.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-33712

⑤Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	⑬公開 平成3年(1991)2月14日
G 02 B 26/10		Z 7635-2H	
// G 03 G 15/04	1 1 6	8607-2H	
H 04 N 1/04	1 0 4	A 7037-5C	
1/23	1 0 3	Z 6957-5C	
審査請求 未請求 請求項の数 5 (全19頁)			

⑭発明の名称 走査光学系および光走査装置

⑮特 願 平1-142740

⑯出 願 平1(1989)6月5日

優先権主張 ⑰昭63(1988)7月15日⑱日本(JP)⑲特願 昭63-176320

⑳昭63(1988)12月29日㉑日本(JP)㉒特願 昭63-332472

㉓平1(1989)3月13日㉔日本(JP)㉕特願 平1-61876

⑳発 明 者 鈴 木 清 三 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内  
 ㉑発 明 者 遠 藤 理 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内  
 ㉒発 明 者 佐 久 間 伸 夫 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内  
 ㉓発 明 者 山 口 勝 己 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内  
 ㉔出 願 人 株 式 会 社 リ コ ー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
 ㉕代 理 人 弁 理 士 樺 山 亨 外1名

明 細 書

発明の名称

走査光学系および光走査装置

特許請求の範囲

1. 光ビームを光偏向装置により偏向させて被走査面を光走査する光走査装置に於いて、上記光偏向装置と被走査面との間に配備される光学系であって、

偏向された光ビームを被走査面上に結像させるとともに、副走査方向に関して光ビームの偏向起点と被走査面とを幾何光学的に略共役な関係にする機能を有し、

副走査方向の曲率半径が、光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含むことを特徴とする走査光学系。

2. 光束を放射する光源装置と、この光源装置からの光束を略平行な光束にするためのコリメート光学系と、このコリメート光学系により略平行光束化された光束を主走査対応方向に長い線像に結

像させるシリンドリカルレンズと、上記線像の結像位置の近傍に偏向反射面を持ち光束を等角速度的に偏向させる偏向装置と、この偏向装置により偏向された光束を集束させて被走査面を略等速的に走査させるための光走査用レンズと、この光走査用レンズと共働して上記集束光束を実質的に被走査面上に結像させるとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する補正光学系とを有し、

上記光走査用レンズが、複数枚のレンズで構成され、

上記補正光学系が、上記光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含むことを特徴とする、光走査装置。

3. 光束を放射する光源装置と、この光源装置からの光束を集束光束にするための集束光学系と、この集束光学系による集束光束を主走査対応方向に長い線像に結像させるためのシリンドリカルレ

ンズと、上記線像の結像位置の近傍に偏向反射面を持ち光束を等角速度的に偏向させる偏向装置と、この偏向装置により偏向される集束光束を更に集束させて、被走査面を略等速的に走査させるための光走査用レンズと、この光走査用レンズと共働して上記集束光束を実質的に被走査面上に結像させて上記偏向装置の面倒れを補正するとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する補正光学系とを有し、

上記光走査用レンズが単レンズであり、

上記補正光学系が、上記光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含むことを特徴とする、光走査装置。

4. 光束を放射する光源装置と、この光源装置からの光束を略平行な光束にするためのコリメート光学系と、このコリメート光学系により略平行光束化された光束を主走査対応方向に長い線像に結

像させるシリンドリカルレンズと、上記線像の結像位置の近傍に偏向反射面を持ち光束を等角速度的に偏向させる偏向装置と、この偏向装置により偏向された光束を集束させて被走査面を略等速的に走査させるための光走査用レンズと、この光走査用レンズと共働して上記集束光束を実質的に被走査面上に結像させるとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する補正光学系とを有し、

上記光走査用レンズが単レンズであり、

上記補正光学系が、上記光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含むことを特徴とする、光走査装置。

5. 光束を放射する光源装置と、この光源装置からの光束を集束光束にするための集束光学系と、この集束光学系による集束光束を主走査対応方向に長い線像に結像させるシリンドリカルレンズと、上記線像の結像位置の近傍に偏向反射面を持ち光

束を等角速度的に偏向させる偏向装置と、この偏向装置により偏向される光束を主走査対応方向に於いて更に集束させて被走査面を略等速的に走査させるための光走査用レンズと、この光走査用レンズと共働して上記集束光束を実質的に被走査面上に結像させて上記偏向装置の面倒れを補正するとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する補正光学系とを有し、

上記光走査用レンズが複数枚のレンズで構成され、

上記補正光学系が、上記光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含むことを特徴とする、光走査装置。

発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、走査光学系および光走査装置に関する。

〔従来の技術〕

光ビームを光偏向装置により偏向させて被走査面を光走査する光走査装置は、レーザープリンターやデジタル複写装置、レーザーファクシミリ等に関連して良く知られている。

光ビームによる光走査を良好に行うための条件の一つとして、光ビームが被走査面上に形成する結像スポット径の安定性の問題がある。

即ち、結像スポット径が光走査の際、結像位置即ち像高とともに変動するようであると情報の書込みの際に画素の大きさに不均一が生ずるので良好な情報画像を形成できない。

このような結像スポット径の変動となる原因の一つは、光走査装置の光学系の像面湾曲である。

回転多面鏡等の偏向装置を用いる光走査装置には所謂面倒れの問題があり、このような面倒れを補正するために、偏向装置と被走査面との間に配備される走査光学系をアナモフィックな光学系とし偏向装置の偏向反射面と被走査面とを幾何学的に略共役な関係とする方法が知られているが、

このような走査光学系では主走査対応方向に比して副走査対応方向のパワーが強くなるため、主走査方向の像面湾曲を補正すると副走査方向に強い像面湾曲が発生しやすい。

また出願人は先に、近似的な  $f \theta$  機能を持つ単レンズと長尺トロイダルレンズとを持つ、構成簡素な光走査装置を提案した(特願昭62-304737号)。この光走査装置に於いて長尺トロイダルレンズは主・副走査方向の像面湾曲を補正する機能をもつが、光の利用効率の面からしても、また光学素子の機械的な配置の面からしても長尺トロイダルレンズはできるだけ被走査面から離して配備するのが好ましいが、このように被走査面から離して長尺トロイダルレンズを配備した場合、広画角化を実現しようすると副走査方向の像面湾曲の補正が困難になる。

上記の如く結像スポット径の均一化の妨げとなる副走査方向の像面湾曲の補正に有効な方法として、鞍型のレンズ面を凸面として持つ変形シリンドリカルレンズを使用する方法が提案されている

の作製方法として切削加工法が開示されているが、切削加工法はレンズ作製方法としては量産性が悪いので、走査光学系ひいては光走査装置の低コスト化が困難である。

本発明は上述した事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは第1に副走査方向の像面湾曲を良好に補正でき、しかも量産性の良い新規な走査光学系の提供にあり(請求項1の発明)、第2に構成簡素でしかも低コストで実現でき、しかも良好な光走査を実現できる新規な光走査装置の提供にある(請求項2～5の発明)。

[課題を解決するための手段]

以下、本発明を説明する。

請求項1の走査光学系は「光ビームを光偏向装置により偏向させて被走査面を光走査する光走査装置に於いて、上記光偏向装置と被走査面との間に配備される光学系」であって、「偏向された光ビームを被走査面上に結像させるとともに、副走査方向に関して光ビームの偏向起点と被走査面とを幾何光学的に略共役な関係にする機能」を有し、

(特開昭61-120112号公報)。

[発明が解決しようとする課題]

鞍型のレンズ面を持つ変形シリンドリカルレンズは、副走査方向の像面湾曲補正に有効であるが作製が容易でないという問題がある。

即ち、鞍型のレンズ面を持つ変形シリンドリカルレンズは長尺であるため、合成樹脂を用いて成形加工するのが実際的であるが、鞍型というレンズ面の特殊性のためレンズ面成形用の凹面の金型の作製が難しいのである。

例えば、凹型の金型の作製方法として、先ず対応する凸面の金型を作り、この凸面を電鋳により転写して凹面の金型を得る方法が考えられるが、電鋳による転写の際に面精度が低下することを考えると精度の良い凹面を得るためには、転写の対象となる凸面に極端な高精度が要求されることになり、転写により得られる凹面の精度は自ずと制限されるため、必要な精度を持った凹面の金型の作製は極めて難しい。

上記特開昭61-120112号公報には鞍型レンズ面

「副走査方向の曲率半径が光軸から主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含む」ことを特徴とする。

請求項2～5の光走査装置は、請求項1の走査光学系を利用した光走査装置である。

請求項2の光走査装置は、光源装置と、コリメート光学系と、シリンドリカルレンズと、偏向装置と、光走査用レンズと、補正光学系とを持つ。

「光源装置」は、光束を放射する。

「コリメート光学系」は、光源装置からの光束を略平行な光束にする。

「シリンドリカルレンズ」は、コリメート光学系により略平行光束化された光束を主走査対応方向に長い線像に結像させる。

「偏向装置」は、この線像の結像位置の近傍に偏向反射面を持ち、光束を等角速度的に偏向させる。

「光走査用レンズ」は、複数枚のレンズで構成され、偏向装置により偏向された光束を集束させて被走査面を略等速的に走査させる。

「補正光学系」は、光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含み、光走査用レンズと共働して集束光束を実質的に被走査面上に結像させるとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する。

請求項3の光走査装置は、光源装置と、集束光学系と、シリンドリカルレンズと、偏向装置と、光走査用レンズと、補正光学系とを有する。

「光源装置」は、光束を放射する。

「集束光学系」は、光源装置からの光束を集束光束にする。

「シリンドリカルレンズ」は、集束光学系により集束する光束を偏向装置の偏向反射面の近傍に主走査対応方向に長い線像として結像させる。

「偏向装置」は、この線像の結像位置の近傍に偏向反射面を持ち、集束光学系による集束光束を等角速度的に偏向させる。

「光走査用レンズ」は、単レンズであり偏向装

置により偏向される集束光束を更に集束させて、被走査面を略等速的に走査させる。

「補正光学系」は、光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含み、光走査用レンズと共働して集束光束を実質的に被走査面上に結像させて偏向装置の面倒れを補正するとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する。

請求項4の光走査装置は、光源装置と、コリメート光学系と、シリンドリカルレンズと、偏向装置と、光走査用レンズと、補正光学系とを有する。

「光源装置、コリメート光学系、シリンドリカルレンズ、偏向装置」は、上記請求項2の光走査装置に於けるものと同様のものである。

「光走査用レンズ」は、単レンズであり、偏向装置により偏向された光束を集束させて被走査面を略等速的に走査させる。

「補正光学系」は、光走査用レンズと被走査面

との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を凹レンズ面として含み、光走査用レンズと共働して集束光束を実質的に被走査面上に結像させるとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する。

請求項5の光走査装置は、光源装置と、集束光学系と、シリンドリカルレンズと、偏向装置と、光走査用レンズと、補正光学系とを有する。

「光源装置、集束光学系、シリンドリカルレンズ、偏向装置」は、上記請求項3の光走査装置に於けるものと同様のものである。

「光走査用レンズ」は、複数枚のレンズで構成され、偏向装置により偏向される光束を主走査対応方向に於いて更に集束させて、被走査面を略等速的に走査させる。

「補正光学系」は、光走査用レンズと被走査面との間に配備された長尺トロイダルレンズであって、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向に離れるに従い小さくなる樽型トロイダル面を

凹レンズ面として含み、光走査用レンズと共働して上記集束光束を実質的に被走査面上に結像させて上記偏向装置の面倒れを補正するとともに主・副走査方向の像面湾曲を補正する。

なお「主走査対応方向」とは、光源から被走査面に到る、光軸に沿った光路を同一面上に展開したときに主走査方向と平行になる方向をいい、上記展開状態に於いて副走査方向に平行となる方向が副走査対応方向である。

また樽型トロイダル面に関して、その「副走査方向の曲率半径」とは上記展開状態に於いて、偏向反射面と被走査面との間にあるレンズ系の光軸と副走査方向との双方に平行な平面で樽型トロイダル面を仮想的に切斷したときの切り口形状の曲率半径を言う。

なお、請求項2～5の光走査装置では、シリンドリカルレンズの作用により主走査対応方向に長い線像が偏向装置の偏向反射面の近傍に結像するが、上記シリンドリカルレンズの主な機能はビーム成形であり、幾何光学的な結像位置は偏光反射

面位置と必ずしも一致しない。

#### 〔作用〕

本発明は請求項1乃至5の発明とも、偏向装置の偏向反射面と被走査面との間に配備されるレンズ系が「楕型トロイダル面を凹レンズ面として有する」点を共通の特徴としている。

第5図(I)は楕型トロイダル面を示している。

この楕型トロイダル面は凹面であるから負のパワーを持つが、副走査方向の曲率半径が光軸を主走査対応方向(第5図(I)において左右方向)に離れるに従い小さくなるので、上記負のパワーは主走査対応方向に於いて光軸を離れるに従って負の方向に増大し、楕型トロイダル面に入射する光束は光軸を離れるに従いその副走査方向に関する集束傾向を弱められる。この作用により副走査方向の像面湾曲の良好な補正が可能になる。

即ち、像面湾曲の補正には従来から長尺シリンドリカルレンズが用いられるが、長尺シリンドリカルレンズに入射する光ビームは偏向角の増加にともない長尺シリンドリカルレンズに対し斜に入

射するため長尺シリンドリカルレンズのパワーが見掛け上、正規のパワーより強くなるため副走査方向に関して偏向装置の側に凹面を向けた弓型の強い像面湾曲が発生しやすい。

しかるに楕型トロイダル面の作用は、上記の如く入射光束の集束傾向を偏向角の増加とともに緩和するから、これが上記パワーの見掛けの増大を有効に相殺して良好な像面湾曲補正が可能になるのである。

請求項2～5の光走査装置では像面湾曲補正用の光学系が長尺トロイダルレンズであって、しかも楕型トロイダル面を凹面として含むため、より良好な像面湾曲補正が可能になる。

また、楕型トロイダル面は凹面であるのでこの面を含むレンズを樹脂で成形する場合には、金型は凸面の金型で良い。

楕型トロイダル面は、第5図(II)に示すような円弧状曲線10を、この円弧状曲線10と同一面内にあって円弧状曲線10の曲率中心Pを通らない直線Zを回転軸として回転してできる曲面である。回

転軸Zから円弧状曲線10までの距離を回転軸方向の位置Hに対して図の如くrとし、rの最大値を図の如く $r_0$ とすると、rは楕型トロイダル面の位置Hにおける副走査断面に於ける曲率半径に対応し、一般に、

$$|r| = |r_0| - |R| + \sqrt{R^2 - H^2} \quad (1)$$

で表される。但し、Rを半径とする円弧状曲線10の曲率中心が楕型トロイダル面よりも被走査面側に有るときは $r > 0, r_0 > 0, R > 0$ 、上記曲率中心が楕型トロイダル面よりも偏向装置側に有るときは $r < 0, r_0 < 0, R < 0$ と符号を定める。このとき $|r| \leq |r_0|$ である。

なお、上記円弧状曲線10の形状を周知の非球面を表す多項式で表される形状とし、その係数を適当に選んだ形状とすることができ、このような形状から得られる楕型トロイダル面を用いてより精度良く像面湾曲補正を行うことが可能である。

なお、主走査方向に関する走査光学系の焦点距離を $f_M$ 、補正光学系の被走査面側レンズ面から被走査面に到る距離をdとすると、請求項2、3

及び4の光走査装置に用いられる走査光学系は、

$$0.8 > d/f_M > 0.1 \quad (2)$$

なる条件を満足するのが望ましい。

また請求項5の光走査装置の走査光学系は、

$$0.6 > d/f_M > 0.1 \quad (3)$$

なる条件を満足するのが望ましい。

これら条件(2),(3)の上限を越えると、対応する走査光学系を用いた光走査装置で副走査方向の像面湾曲が過大となり、像高によるスポット径のばらつきが大きくなる。

また下限を越えると、対応する走査光学系を用いた光走査装置で、光束のスポット径を規制するアパーチャの副走査方向の開口径が小さくなり、光走査装置としての光伝達効率の低下をきたすと言う問題が生ずる。

従って上記条件(2),(3)の充足が望ましい。

後述する各請求項に関する実施例は何れも、上記条件(2),(3)を満たしている。

#### 〔実施例〕

以下、具体的な実施例に即して説明する。

第1図は、請求項2の発明を実施した光走査装置の1例を示している。

第1図は、光走査装置における光学系配置を光源から被走査面まで主光線の光路にそって展開した状態を示している。

第1図(I-1),(II-1)は、光走査装置を副走査方向から見た図であり、この図に於いて被走査面7の上下方向が主走査方向である。

また、第1図(I-2),(II-2)は主走査方向から見た図であって、この図に於いて図面に直交する方向が主走査対応方向、上下方向が副走査対応方向である。

さて第1図に於いて、符号1は光源を示す。光源1としては、LDやLEDが用いられる。光源1から放射された光はコリメートレンズ2により略平行な光ビームに変換され、アパーチャ8によりビームの断面形状を整形され、シリンドリカルレンズ3に入射する。シリンドリカルレンズ3は、図に示すように副走査対応方向にのみパワーを有しているため、入射した平行光ビームは光偏

向装置の偏向反射面4の近傍に、長手方向が主走査対応方向である線像として結像する。シリンドリカルレンズは副走査対応方向の集束作用と伴に、アパーチャと共同してビーム整形も行うためシリンドリカルレンズの結像位置は必ずしも偏向反射面上に設定されるとは限らない。

光偏向装置は、この実施例では回転多面鏡である。光ビームは偏向反射面により反射される。この反射ビームは偏向反射面の回転とともに偏向する。従って偏向する光ビームの偏向起点は偏向反射面4による反射位置である。

偏向反射面4と被走査面7との間に配備される光学系が走査光学系であり、この実施例では $f\theta$ レンズ5と樽型トロイダルレンズ6A(6B)とが走査光学系を構成している。

$f\theta$ レンズ5は主走査対応方向に於いて、即ち第1図(I-1),(II-1)で光ビームを被走査面7上に結像させる。即ち、副走査方向から見ると $f\theta$ レンズ5は物体側の無限遠の像を被走査面7上に結像させる。この結像に於ける焦点距離が主走査面

内における走査光学系の焦点距離である。

一方、副走査対応方向に関しては $f\theta$ レンズ5と樽型トロイダルレンズ6A(6B)とが、偏向起点と被走査面7とを略共役関係にする。従って、第1図の(I-2),(II-2)では、偏向起点における前述の線像の像が $f\theta$ レンズ5と樽型トロイダルレンズ6A(6B)の作用にて被走査面7上に結像する。かくして、被走査面7上には光ビームがスポット状に結像し、光偏向装置により光ビームを偏向させることにより、被走査面7は結像スポットにより走査される。この走査が主走査である。

次に $f\theta$ レンズ5に付いて説明する。 $f\theta$ レンズ5は、この実施例に於いては2枚構成であり、諸元は以下の様に与えられる。即ち、図示の如く偏向反射面4の側から被走査面7の側へ向かって、第*i*番目のレンズ面の曲率半径を $r_i$ ( $i=1\sim4$ )、第*i*番目の面間隔を $d_i$ ( $i=1\sim3$ )、第*j*番目のレンズの屈折率を $n_j$ ( $j=1,2$ )とすると、これらは以下の値を持つ。

$i$	$r_i$	$d_i$	$j$	$n_j$
1	-186.0	12.7	1	1.51118
2	-103.0	3.4		
3	-440.0	18.6	2	1.76605
4	-99.484			

1	-186.0	12.7	1	1.51118
2	-103.0	3.4		
3	-440.0	18.6	2	1.76605
4	-99.484			

なお、偏向反射面4から $f\theta$ レンズ5の第1番目のレンズ面迄の距( $d_0$ とする)は26.0、 $f\theta$ レンズ5の焦点距離は120.0である。また、この $f\theta$ レンズ5の $f\theta$ 特性は $\pm 0.5\%$ 以下である。

さて第1図に即して説明している実施例に於いて、請求項1の発明の特徴とするところは樽型トロイダルレンズ6により実現されている。

この樽型トロイダルレンズ6A(6B)は、樽型トロイダル面を凹レンズ面として有するレンズである。樽型トロイダルレンズは6Aのように凹面を偏向反射面4の側に向ける場合と6Bのように凹面を被走査面7の側に向ける場合が可能である。

樽型トロイダル面の反対側のレンズ面は、この実施例では凸面のトロイダル面であるが、それ以外の種々の面形状も許容され得る。

以下、樽型トロイダルレンズに対する具体的な



実施例を6例あげる。

これら6実施例に於いてLは、偏向反射面4と被走査面7との間隔、 $d_4$ はf $\theta$ レンズ5の第4番目のレンズ面と樽型トロイダルレンズのf $\theta$ レンズ側レンズ面との間隔、 $d_5$ は樽型トロイダルレンズの肉厚、 $d_6$ は樽型トロイダルレンズの被走査面側レンズ面と被走査面7との間隔、 $n'$ は樽型トロイダルレンズの屈折率を示す。

また、樽型トロイダルレンズの樽型トロイダル面と、これと対をなすトロイダル面のうち、前者即ち樽型トロイダル面は、上記の(1)式で表されるので $r_o$ とRとで規定される。樽型トロイダル面と対をなすトロイダル面については、その主走査方向に於ける曲率半径を $r_{sx}$ 、副走査方向の曲率半径を $r_{sy}$ で表す。ここに添字のkは5または6でありトロイダル面がf $\theta$ レンズ5側に有るとき $k=5$ 、被走査面7側に有るとき $k=6$ である。

実施例1乃至3は樽型トロイダル面を被走査面側に使用した例(第1図(I-1),(I-2)に示す態様)であり、実施例4乃至6は樽型トロイダル面をf

$\theta$ レンズ側に用いた例(第1図(II-1),(II-2)に示す態様)である。

また各実施例とも偏向角105.6度、有効書込み幅は219.4mmと超広角ある。

#### 実施例1

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
182.5	58.8	3.0	60.0	1.48519
$r_{sx}$	$r_{sy}$	$r_o$	R	
1000	10.85	20.00	1000	

#### 実施例2

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
182.5	88.8	3.0	30.0	1.48519
$r_{sx}$	$r_{sy}$	$r_o$	R	
1500	8.50	20.00	1500	

#### 実施例3

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
182.5	28.8	3.0	90.0	1.48519
$r_{sx}$	$r_{sy}$	$r_o$	R	
700	11.65	20.00	700	

#### 実施例4

折率はnである。

#### 比較例1

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	n
182.5	58.8	3.0	60.0	1.48519
$r_{sx}$	$r_{sy}$	$r_{sx}$	$r_{sy}$	
200	21.0	200	$\infty$	

第6図は、上記実施例3の場合の、光走査装置の具体的な構成を示す図である。符号9はミラー、符号7Aは、被走査面をなす感光体を示す。また符号100は、光走査の同期を取るための同期検出系を示す。

第7図に、実施例1に関する像面湾曲を示す。

この実施例は、樽型トロイダルレンズと被走査面との間隔を $d_6=60\text{mm}$ とした例であるが、像面湾曲は4mm程度であり良好である。

なお、各像面湾曲図に於いて実線はサジタル方向即ち副走査方向、破線はメリディオナル方向即ち主走査方向の像面湾曲を表す。

第8図には、実施例2に関する像面湾曲を示す。この例は実施例1と同じく樽型トロイダル面を被

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
182.5	58.8	3.0	60.0	1.48519
$r_o$	R	$r_{sx}$	$r_{sy}$	
-20.00	-850	-850	-10.5	

#### 実施例5

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
182.5	88.8	3.0	30.0	1.48519
$r_o$	R	$r_{sx}$	$r_{sy}$	
-20.00	-800	-800	-8.00	

#### 実施例6

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
182.5	28.8	3.0	90.0	1.48519
$r_o$	R	$r_{sx}$	$r_{sy}$	
-20.00	-700	-700	-11.50	

比較例として、樽型トロイダルレンズに代えて長尺シリンドリカルレンズを用いた例を挙げる。長尺トロイダルレンズのf $\theta$ レンズ側のレンズ面の曲率半径は、主・副走査方向に対してそれぞれ $r_{sx}, r_{sy}$ 、被走査面側のレンズ面の曲率半径は主・副走査方向に対してそれぞれ $r_{sx}, r_{sy}$ 、また屈

走査面側に向けた例であるが、実施例1に比して樽型トロイダルレンズを被走査面7側に近付けて配備した例( $d_s=30\text{mm}$ )であり、像面湾曲は非常に良く補正されている。

第9図は、実施例3に関する像面湾曲を示す。

この例も実施例1と同じく樽型トロイダル面を被走査面側に向けた例であるが、実施例1に比して樽型トロイダルレンズを被走査面7から遠ざけて配備した例( $d_s=90\text{mm}$ )であり、像面湾曲は実施例1, 2に比べるとやや大きくなっている。

第10図は、実施例4に関する像面湾曲を示す。

この実施例は $d_s=80\text{mm}$ とし、樽型トロイダル面をf $\theta$ レンズの側に向けた例であり、上記実施例1~3とは樽型トロイダル面の向きが逆であるが像面湾曲は極めて良好である。

第11図は、実施例5に関する像面湾曲を示す。

この実施例は $d_s=30\text{mm}$ とし、樽型トロイダル面をf $\theta$ レンズの側に向けた例であるが像面湾曲は極めて良好である。

第12図は、実施例6に関する像面湾曲を示す。

ることができる。

以下に、請求項3の発明の実施例を説明する。

第2図は、請求項3の光走査装置の基本的構成を第1図にならって示している。

第2図(I-1), (II-1)は、光走査装置を副走査方向から見た図であり、第1図(I-2), (II-2)は主走査方向から見た図である。

さて第2図に於いて、符号11は光源を示している。光源11としてはLDやLEDその他が用いられる。第2図ではLDが光源装置11として想定されている。光源11は集束光学系としての集光レンズ12の物体側の光軸上に配備され、発散性の光束を集光レンズ12に入射させる。

さて集光レンズ12に入射した光束は、集束光束に変換され、集光レンズ12の像側に何もなければ自然集束点即ち、像面17A上のQ'点に結像する。

第2図に於いて符号18はアパーチャを示す。

第2図に於いて、符号14は偏向装置の偏向反射面を模式的に描いている。偏向装置としては、光束を等角速度的に偏向させる装置即ちポリゴンミ

この実施例は $d_s=90\text{mm}$ とし、樽型トロイダル面をf $\theta$ レンズの側に向けた例である。像面湾曲は実施例4, 5に比べるとやや悪い。しかし、実施例3に比べると像面湾曲がやや改良されている。

第7図ないし第9図と、第10図ないし第12図とを比較すると、樽型トロイダルレンズは樽型トロイダル面をf $\theta$ レンズの側に向けて使用する方が、被走査面の側に向けて使用するよりも若干良好であることが分かる。

第13図は、上記比較例1に関する像面湾曲を示す。この比較例1で長尺トロイダルレンズと被走査面との間隔 $d_s=80\text{mm}$ であるが、像面湾曲は実施例3, 6と同程度である。このことから樽型トロイダル面は、被走査面からかなり離して配設しても良く像面湾曲を補正する効果を持つことが分かる。従って、樽型トロイダルレンズは長尺トロイダルレンズに比して配設位置の自由度が大きい。

樽型トロイダルレンズと被走査面との間を大きくとり得るので、第6図のように樽型トロイダルレンズ6Aをミラー9とf $\theta$ レンズ5との間に配す

ラーもしくはピラミダルミラー等が用いられる。

集束レンズ12による集束光束は、副走査対応方向にのみ正のパワーを持つシリンドリカルレンズ13により、偏向反射面14の近傍に主走査対応方向に長い線像として結像する。シリンドリカルレンズはビーム整形作用をも持つのでシリンドリカルレンズの結像位置が必ずしも偏向反射面上に設定されとは限らないことは、請求項1の装置と同様である。

偏向装置により集光レンズ12による集束光束を偏向させると上記結像点は円弧19上を移動する。

偏向装置がポリゴンミラーであるときは、偏向の起点が光軸上で若干変動するので結像点の軌跡は完全な円弧にはならないが円弧19に近い形状になる。

偏向された光束は、次いで光走査用レンズ15に入射する。この光走査用レンズ15は正の屈折率を有する単レンズであって、上記偏向装置と被走査面17との間に配備される。光走査用レンズ15と被走査面17の間にはさらに補正光学系である長尺

トロイダルレンズ16A(16B)が配備される。この長尺トロイダルレンズ16A(16B)は、副走査方向に強い正の屈折力を有する。

光走査用レンズ15は入射してくる集束光束を、その正の屈折力によりさらに集束させる。長尺トロイダルレンズ16A(16B)は光走査用レンズ15と共働して光束を実質的に被走査面17上にスポット状に結像させる。従って偏向装置により光束を等角速度的に偏向させると、スポット状の結像点は被走査面17上を主走査方向へ移動して被走査面を光走査する。以上の説明から明らかなように光走査用レンズ15と長尺トロイダルレンズ16A(16B)とは、自然集光点Q'の軌跡19を物体面とし、この物体面の像を被走査面17上に結像する。換言すれば光走査用レンズ15と長尺トロイダルレンズ16A(16B)とは共働して、上記軌跡19と被走査面17とを主走査対応方向に関して共役関係に結び付ける。

長尺トロイダルレンズ16A(16B)の主たる機能は、像面湾曲の補正にある。この像面湾曲の補正機能上で長尺トロイダルレンズ16A(16B)に凹面として

含まれる樽型のトロイダル面が、特に副走査方向の像面湾曲の補正上重要な役割を果たす。

樽型トロイダル面の反対側のレンズ面は、以下に説明する実施例では凸面のトロイダル面であるが、それ以外の種々の面形状も許容され得る。

以下、請求項3の光走査装置に関する具体的な実施例を10例挙げる。

これらの10実施例に対して、光走査用レンズ15としては共通の光走査用レンズが用いられる。

この光走査用レンズの各元は以下の様である。

第2図に示すように、第1面即ち偏向装置側のレンズ面の曲率半径を $r_1$ 、第2面即ち被走査面16側のレンズ面の曲率半径を $r_2$ 、肉厚を $d_1$ 、屈折率を $n$ とすると、これらは以下の様である。

$r_1$	$r_2$	$d_1$	$n$
-160	-60.219	15	1.57221

また、この光走査用レンズの焦点距離 $f=180$ 、偏向面13から、自然集束点Q'までの距離 $D=548.1$ 、また偏向面13から上記第1面までの距離 $d_0=28.0$ である。

また、第2図に示すようにLは偏向面13と被走査面16との間隔、各実施例の長尺トロイダルレンズに関して、 $d_2$ は、光走査用レンズ15の第2レンズ面と樽型トロイダルレンズ18の光走査用レンズ15側レンズ面との間隔、 $d_3$ は樽型トロイダルレンズ18の肉厚、 $d_4$ は樽型トロイダルレンズ18の被走査面16側レンズ面と被走査面16との間隔、 $n'$ は、樽型トロイダルレンズ18の屈折率を示す。

また、樽型トロイダルレンズの樽型トロイダル面は前述の如く $r_0$ とRとで規定される。トロイダル面については、その主走査方向に於ける曲率半径を $r_{kx}$ 、副走査方向の曲率半径を $r_{ky}$ で表す。ここに添字の $k$ は3または4であり、トロイダル面が光走査用レンズ15側に有るとき $k=3$ 、被走査面17の側に有るとき $k=4$ である。

実施例7乃至15は樽型トロイダル面を光走査用レンズ側に使用した例(第2図(I-1),(I-2)の場合)であり、実施例16は樽型トロイダル面を被走査面側に用いた例(第2図(II-1),(II-2)の場合)である。

また各実施例とも偏向角90度、有効書込幅は約226mmであり超広角である。

#### 実施例7

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
171	65	3	60	1.48519
$r_{4x}=-275, r_{4y}=-12.23, r_0=-30.0, R=-275$				

#### 実施例8

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
171	65	3	60	1.48519
$r_{4x}=-600, r_{4y}=-10.33, r_0=-20.0, R=-600$				

#### 実施例9

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
171	65	3	60	1.48519
$r_{4x}=-1500, r_{4y}=-8.0, r_0=-12.0, R=-1500$				

#### 実施例10

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
171	95	3	30	1.48519
$r_{4x}=-530, r_{4y}=-7.94, r_0=-20.0, R=-530$				

#### 実施例11

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
---	-------	-------	-------	------

171      95      3      30      1.48519  
 $r_{4x}=-920$  ,  $r_{4y}=-7.08$ ,  $r_0=-15.0$  ,  $R=-920$

## 実施例12

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$   
 171      95      3      30      1.48519  
 $r_{4x}=-1400$  ,  $r_{4y}=-6.42$ ,  $r_0=-12.0$  ,  $R=-1400$

## 実施例13

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$   
 171      35      3      90      1.48519  
 $r_{4x}=-395$  ,  $r_{4y}=-11.02$ ,  $r_0=-20.0$  ,  $R=-395$

## 実施例14

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$   
 171      35      3      90      1.48519  
 $r_{4x}=-640$  ,  $r_{4y}=-9.52$ ,  $r_0=-15.0$  ,  $R=-640$

## 実施例15

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$   
 171      35      3      90      1.48519  
 $r_{4x}=-930$  ,  $r_{4y}=-8.41$ ,  $r_0=-12.0$  ,  $R=-930$

## 実施例16

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$

向に付いて $r_{4y}$ 、肉厚を $d_3$ 、屈折率を $n'$ とする。

## 比較例2

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$   
 171      65      3      60      1.48519  
 $r_{3x}=\infty$  ,  $r_{3y}=20.0$ ,  $r_{4x}=\infty$  ,  $r_{4y}=\infty$

## 比較例3

L       $d_2$        $d_3$        $d_4$        $n'$   
 171      65      3      60      1.48519  
 $r_{3x}=150$  ,  $r_{3y}=20.0$ ,  $r_{4y}=150$  ,  $r_{4x}=\infty$

比較例2, 3に関する像面湾曲の図を、それぞれ第24図、第25図に示す。比較例2では、第24図に示すように副走査方向の像面湾曲が大きくアンダーになってしまう。また、比較例3では、副走査方向の像面湾曲が比較例2に比較してやや補正されているが、中間像高に於いて補正不足となっている。

以下に、請求項4の光走査装置に関する実施例を説明する。

第3図を参照すると、この図は請求項4の光走査装置の基本的構成を概略的に示している。即ち

171      65      3      60      1.48519  
 $r_{3x}=650$  ,  $r_{3y}=10.6$  ,  $r_0=20.0$  ,  $R=650$

実施例7乃至16に関する像面湾曲の図を第14図乃至第23図に順次示す。図中、実線は副走査方向、破線は主走査方向の像面湾曲を示す。各実施例とも像面湾曲は良好に補正されている。また $f\theta$ 特性に相当するリニアリティは9.2%以下であり、電氣的な補正が十分に可能である。

以下、比較例を2例挙げる。

比較例2は実施例7～16に於いて共通に用いられている前述した光走査用レンズに補正光学系として長尺シリンドリカルレンズを組み合わせた例であり、比較例3は上記光走査用レンズに補正光学系として長尺トロイダルレンズを組み合わせた例である。比較例2, 3とも補正光学系たる長尺レンズと被走査面との間隔は60に設定してある。例2, 3に於いて補正光学系の光走査用レンズ側のレンズ面の曲率半径を主走査方向に付いて $r_{3x}$ 、副走査方向に付いて $r_{3y}$ 、被走査面側のレンズ面の曲率半径を主走査方向に付いて $r_{4x}$ 、副走査方

第1図と同様に、光走査装置における光学系配置を光源から被走査面まで光路に沿って展開した状態を示している。

第3図(I-1),(II-1)は、光走査装置の展開状態を副走査方向から見た図であり、この図に於いて被走査面27の上下方向が主走査方向である。

また第3図(I-2),(II-2)は、上記展開状態を主走査方向から見た図であり、この図では上下方向が副走査方向である。

光源装置21(この例でもLDもしくはLEDが想定されている)からの光束は、コリメート光学系としてのコリメートレンズ22により略平行な光束に変換され、アパーチャ28によりビーム断面の形状を成形されたのち、シリンドリカルレンズ23に入射する。シリンドリカルレンズ23は副走査方向にのみ正のパワーを有し、従って光束は副走査方向にのみ集束性となる。

シリンドリカルレンズ23は、上記副走査方向にのみ集束する光束が実質的に偏向反射面24の位置に縁像として結像するように設定条件を定められ

ている。上記線像の長手方向は主走査対応方向である。同レンズ24はビーム整形作用を有し、結像位置を偏向反射面の位置と一致させない設定も有り得る。

なお偏向反射面24は偏向装置の反射面の内で光束の偏向に与る面であり、この実施例においても回転多面鏡が想定されている。

偏向装置により等角速度的に偏向される光束は、次いで光走査用レンズ25に入射する。光走査用レンズ25は球面単レンズであって正の屈折率を有する。光走査用レンズ25を透過した光束はさらに補正光学系である長尺トロイダルレンズ26A(26B)に入射し、これを透過すると被走査面27に入射する。

このように被走査面27上に入射する光束は、光走査用レンズ25と長尺トロイダルレンズ26A(26B)の共働作用にて被走査面27上にスポット状に結像する。

副走査方向から見ると光走査用レンズに入射する光束は平行光束であるから、光走査用レンズ25と長尺トロイダルレンズ26A(26B)とは主走査方向

に関しては、物体側の無限遠と被走査面の位置とを幾何光学的に略共役な関係とする。一方、主走査方向から見ると光走査用レンズ25に入射する光束は、実質的に偏向反射面24の位置に位置する線像からの発散性の光束である。従って、光走査用レンズ25と長尺トロイダルレンズ26A(26B)とは副走査方向に関しては、偏向反射面の位置と被走査面の位置とを幾何光学的に略共役な関係とする。この関係により偏向装置に於ける所謂「面倒れ」の補正が行われる。

長尺トロイダルレンズ26A(26B)は、副走査方向に強い正の屈折力を持つ。

また、長尺トロイダルレンズ26A(26B)は樽型トロイダル面を凹面として含む。

以下、光走査用レンズ25と長尺トロイダルレンズ26A(26B)の具体的な組合せの例である実施例を6例挙げる。

何れの例に於いても光走査用レンズ25としては同一のものが用いられる。この光走査用レンズの諸元は以下の通りである。

光走査用レンズ25の偏向反射面側のレンズ面の曲率半径を $r_1$ 、被走査面側のレンズ面の曲率半径を $r_2$ 、これらレンズ面の面間隔を $d_1$ 、レンズ材料の屈折率を $n_1$ とすると、これらは次のように与えられる。

$r_1$	$r_2$	$d_1$	$n_1$
-160	-60.291	15	1.57221

また、この光走査用レンズの偏向反射面側のレンズ面と偏向反射面との間の距離 $d_0=28.0$ 、であり焦点距離 $f=160$ である。なお長さの次元を持つ量の単位はmmである。また、この光走査用レンズはf $\theta$ 機能を有している。

この光走査用レンズと組み合わせられる長尺レンズは次の6例である。これら長尺トロイダルレンズの光走査用レンズ側即ち偏向反射面側のレンズ面と光走査用レンズの長尺トロイダルレンズ側のレンズ面との間のレンズ面間距離を $d_2$ 、長尺トロイダルレンズのレンズ面間隔を $d_3$ 、被走査面側レンズ面と被走査面27との間隔を $d_4$ 、レンズ材料の屈折率を $n'$ とする。

凹面の樽型トロイダル面は前記解析的表現に従い、 $r_0$ と $R$ の値を与える。

樽型トロイダル面でない面に就いては、主走査方向の曲率半径を $r_{kx}$ 、副走査方向の曲率半径を $r_{ky}$ とし、この面が偏向反射面側にあるとき添字 $k=3$ 、被走査面側にあるときは $k=4$ とする。

また、偏向反射面と被走査面との間の距離を $L$ とする。さらに、各実施例とも偏向角は76度、有効書込幅は約220mmである。

#### 実施例17

$L$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
208.5	132.5	3.0	30.0	1.48519
$r_{kx}$	$r_{ky}$	$r_0$	$R$	
-900	-7.55	-17.20	-900	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第26図に示す。破線が主走査方向、実線が副走査方向の像面湾曲である。

#### 実施例18

$L$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n'$
-----	-------	-------	-------	------

208.5	102.5	3.0	60.0	1.48519
$r_{4x}$	$r_{4y}$	$r_o$	$R$	
-700	-11.33	-23.20	-700	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第27図に示す。

## 実施例19

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n_2$
208.5	72.5	3.0	90.0	1.48519
$r_{3x}$	$r_{3y}$	$r_o$	$R$	
-500	-12.95	-24.90	-500	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第28図に示す。

## 実施例20

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n_2$
208.5	132.5	3.0	30.0	1.48519
$r_{3x}$	$r_{3y}$	$r_o$	$R$	
900	9.50	29.00	900	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レン

ズとの組合せによる像面湾曲の図を、第29図に示す。

## 実施例21

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n_2$
208.5	102.5	3.0	60.0	1.48519
$r_{3x}$	$r_{3y}$	$r_o$	$R$	
700	12.1	25.00	700	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第30図に示す。

## 実施例22

L	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$n_2$
208.5	72.5	3.0	90.0	1.48519
$r_{3x}$	$r_{3y}$	$r_o$	$R$	
500	13.15	25.00	500	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第31図に示す。

上記実施例17～22に於いて、実施例17～19は樽型トロイダル面を光走査用レンズ側にに向けた例（

第3図(I-1),(I-2)の場合)、具体例20～22は樽型トロイダル面を被走査面側に向けた例（第3図(II-1),(II-2)の場合）である。

樽型トロイダル面と被走査面との距離が大きくなるにつれて像面湾曲が多少大きくなっているが90mmに離れた場合でも実用上問題ない像面湾曲量に補正されている。

以下に、請求項5の光走査装置の実施例を説明する。

第4図は、請求項5の光走査装置の基本的な光学系配置を示している。

この図は例によって光源から被走査面に到る光学系配置を光路に沿って展開し、第4図(I-1),(II-1)は副走査方向から見た状態を、また第4図(I-2),(II-2)は主走査方向から見た状態を示している。

半導体レーザーや発光ダイオード等として想定されている光源装置31からの光束は集束光学系としての集光レンズ32に入射して集束性の光束に変換される。

集光レンズ32による集束光束は、その自然集束点（像面37A上のQ'点）に向かって集束するが、その集束の途上で先ず、シリンドリカルレンズ33に入射する。シリンドリカルレンズ33は、副走査対応方向にのみパワーを持ち、集束光束は従って、副走査対応方向に就いてはシリンドリカルレンズ33によりさらに集束され、偏向装置（回転多面鏡が想定されている）の偏向反射面34の近傍に主走査対応方向に長い線像として結像する。シリンドリカルレンズがビーム整形作用を持ち、その結像位置が偏向反射面位置に一致しない設定の仕様もあることは、他の請求項の場合と同様である。なお、符号38はアパーチャを示す。

偏向装置により反射された光束は第4図に示すように、主走査対応方向に関しては集光レンズ32による集束傾向を維持しつつ光走査用レンズ35に入射し、さらに補正光学系である長尺トロイダルレンズ36A(36B)を介して被走査面37上に結像する。また副走査方向に関しては、発散性の光束となり、光走査用レンズ35と長尺トロイダルレンズ36A(36

B)の作用により被走査面37上に結像する。

光走査用レンズ35は複数枚構成のレンズで正の屈折力を持ち、長尺トロイダルレンズ36A(36B)は副走査方向に強い正の屈折力を持つ。

光走査用レンズ35は、主走査対応方向に就いては入射してくる集束性の光束をさらに集束させる。長尺トロイダルレンズ36A(36B)は光走査用レンズ35と共働して、光束を被走査面37上に結像させる。従って主走査方向に就いては、光走査用レンズ35と長尺トロイダルレンズ36A(36B)とは、自然集束点Q'の円弧状の軌跡39を物体面とし、この物体面と被走査面37とを幾何光学的な共役関係で結び付ける。

また副走査対応方向に関しては、光走査用レンズ35と長尺トロイダルレンズ36A(36B)とが、偏向反射面34の位置と被走査面37の位置とを幾何光学的に略共役な関係としている。これにより面例れの補正がなされる。

以下、具体的な実施例を4例挙げる。

これら4つの実施例に於いて、光走査用レンズ

35は共通のものが用いられる。この光走査用レンズの諸元は以下の通りである。

光走査用レンズ35の偏向反射面側から第i番目のレンズ面の曲率半径を $r_i$  ( $i=1\sim 4$ )、第i番目の面間隔を $d_i$  ( $i=1\sim 3$ )、第j番目のレンズのレンズ材料の屈折率を $n_j$  ( $j=1\sim 2$ )とすると、これらは次のように与えられる。

i	$r_i$	$d_i$	j	$n_j$
1	-250	12.7	1	1.51118
2	-240	3.4		
3	-700	18.6	2	1.78605
4	-99			

この光走査用レンズの焦点距離は $f=143.73\text{mm}$ 、偏向反射面34から自然集束点Q'までの距離 $D=500\text{mm}$ 、偏向反射面34から光走査用レンズの第1面までの距離 $d_0=26.0\text{mm}$ である。また光走査用レンズの $f\theta$ 特性は0.5%以下で電氣的な補正は必要としない。偏向角は100度、有効書込幅は228mmであり超広角である。

以下に挙げる4実施例は、上記光走査用レンズ

と組合せられる長尺トロイダルレンズの諸元を示す。樽型トロイダル面は例によって $r_0$ とRで特定し、樽型トロイダル面でない面に就いては、主走査方向の曲率半径を $r_{sx}$ 、副走査方向の曲率半径を $r_{sy}$ とし、この面が偏向反射面側にあるとき添字 $k=5$ 、被走査面側にあるときは $k=6$ とする。

また、偏向反射面と被走査面との間の距離を第4図に示すようにLとする。

これら長尺トロイダルレンズの光走査用レンズ側即ち偏向反射面側のレンズ面と光走査用レンズの長尺トロイダルレンズ側のレンズ面との間のレンズ面間距離を $d_4$ 、長尺トロイダルレンズのレンズ面間隔を $d_5$ 、被走査面側レンズ面と被走査面との間隔を $d_6$ 、レンズ材料の屈折率を $n'$ とする。

#### 実施例23

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
168.5	75.0	3.0	30.0	1.48519
$r_{sx}$	$r_{sy}$	$r_0$	R	
1500	8.00	17.00	1500	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レン

ズとの組合せによる像面湾曲の図を、第32図に示す。破線が主走査方向、実線が副走査方向の像面湾曲である。

#### 実施例24

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
168.5	45.0	3.0	60.0	1.48519
$r_{sx}$	$r_{sy}$	$r_0$	R	
700	11.70	24.40	700	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第33図に示す。破線が主走査方向、実線が副走査方向の像面湾曲である。

#### 実施例25

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
168.5	75.0	3.0	30.0	1.48519
$r_0$	R	$r_{sx}$	$r_{sy}$	
-15.40	-1000	-1000	-7.20	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第34図に示す。破線が主走査方向、実線が副走査方向の像面

湾曲である。

#### 実施例26

L	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$n'$
168.5	45.0	3.0	60.0	1.48519
$r_0$	R	$r_{0.1}$	$r_{0.2}$	
-12.85	-1500	-1500	-8.30	

この長尺トロイダルレンズと上記光走査用レンズとの組合せによる像面湾曲の図を、第35図に示す。破線が主走査方向、実線が副走査方向の像面湾曲である。

実施例23,24は樽型トロイダル面を被走査面側に向けた例(第4図(I-1),(I-2)の場合)、実施例25,26は樽型トロイダル面を光走査用レンズ側に向けた例(第4図(II-1),(II-2)の場合)である。

樽型トロイダル面と被走査面との距離を60mmとしても良好な像面湾曲が実現されている。

#### [発明の効果]

以上、本発明によれば新規な走査光学系および光走査装置を提供できる。

これら走査光学系および走査光学系は、像面湾曲補正用に樽型トロイダル面を凹面として含むため像面湾曲を良好に補正して、スポット径の変動の少ない良好な光走査を実現できる。また、樽型トロイダル面は凹面であり、作製の容易な凸面の金型を用いることにより容易に成形できるため低コストで実現できる。

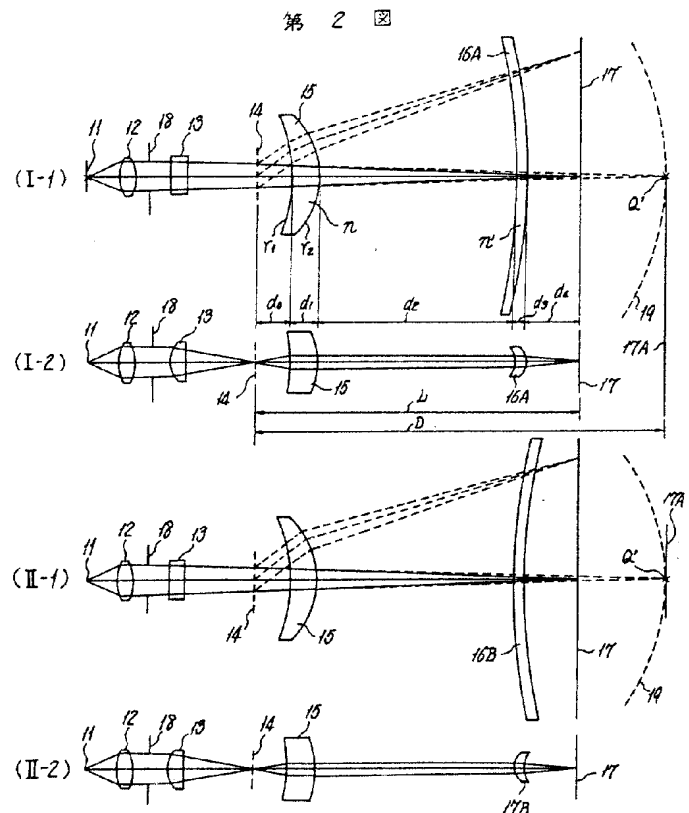
#### 図面の簡単な説明

第1図は、請求項2の発明を説明するための図、第2図は、請求項3の発明を説明するための図、第3図は、請求項4の発明を説明するための図、第4図は、請求項5の発明を説明するための図、第5図は、樽型トロイダル面を説明するための図、第6図は、請求項2の発明に就き具体的な光走査装置の態様の1例を示す図、第7図ないし第12図は、請求項2の実施例に関する像面湾曲図、第13図は、請求項2の発明に対する比較例に関する像面湾曲図、第14図ないし第23図は、請求項3の実施例に関する像面湾曲図、第24図及び第25図は、請求項3の発明に対する比較例に関する像面湾曲

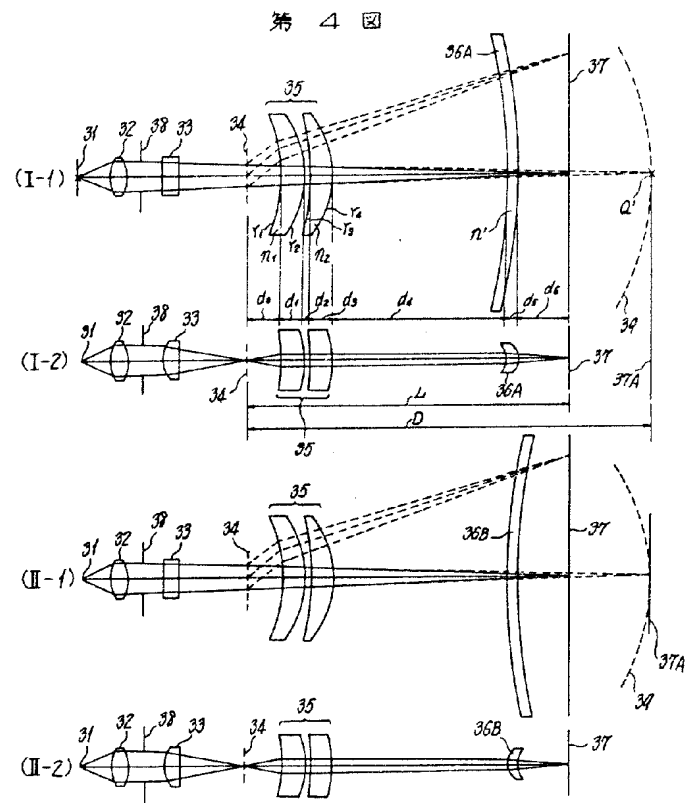
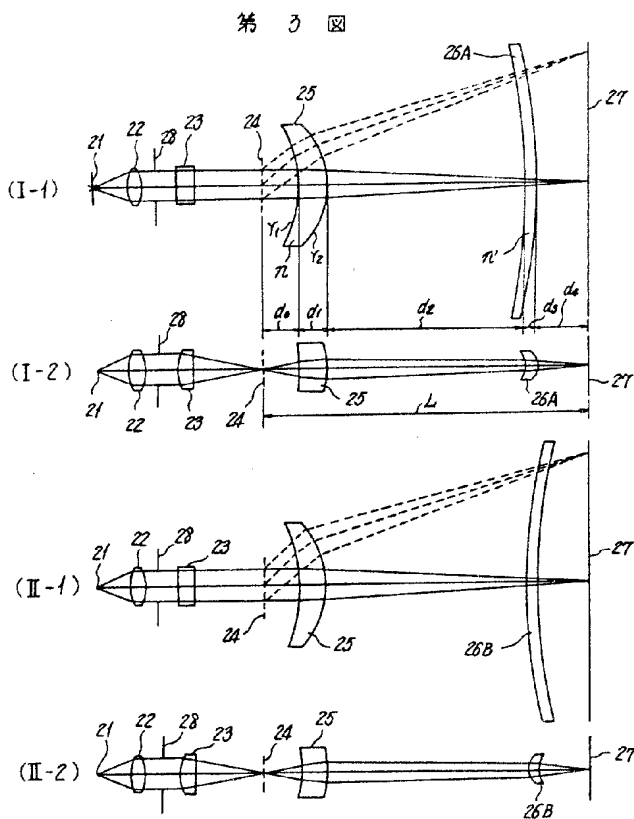
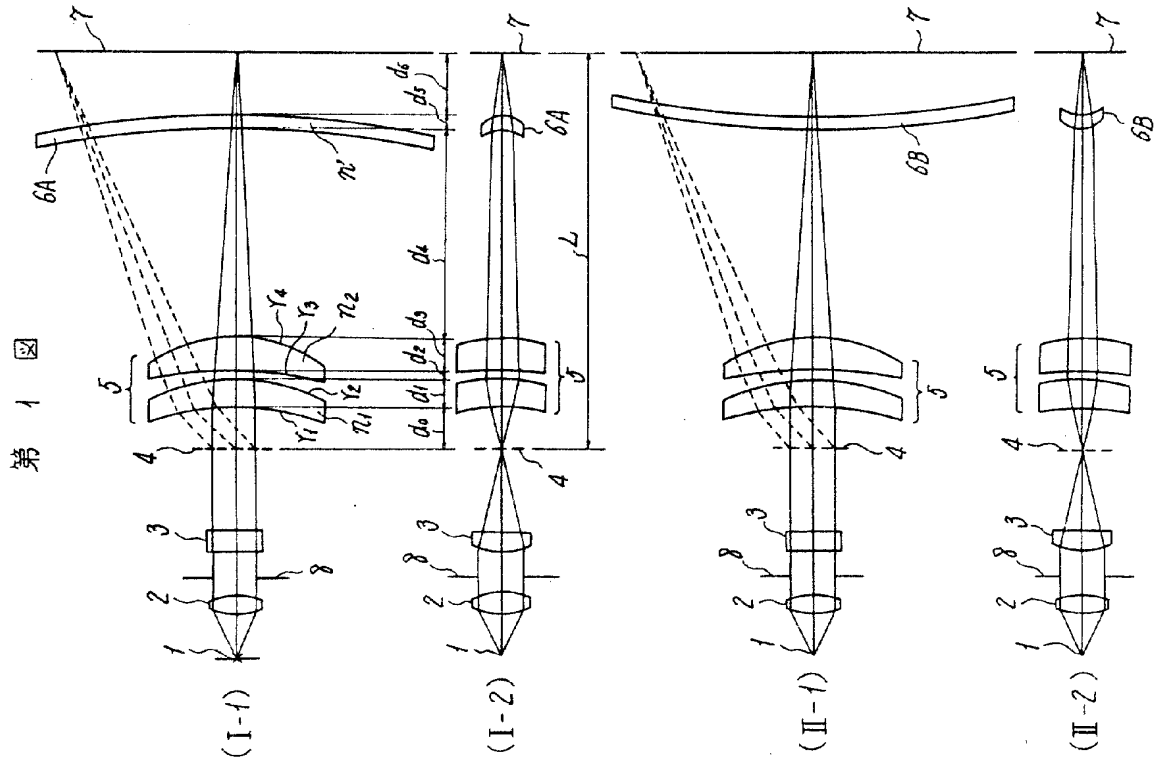
図、第26図ないし第31図は、請求項4の実施例に関する像面湾曲図、第32図ないし第35図は、請求項5の実施例に関する像面湾曲図である。

1...光源装置、4...偏向反射面、5...f $\theta$ レンズ、6A,6B...樽型トロイダルレンズ、7...被走査面

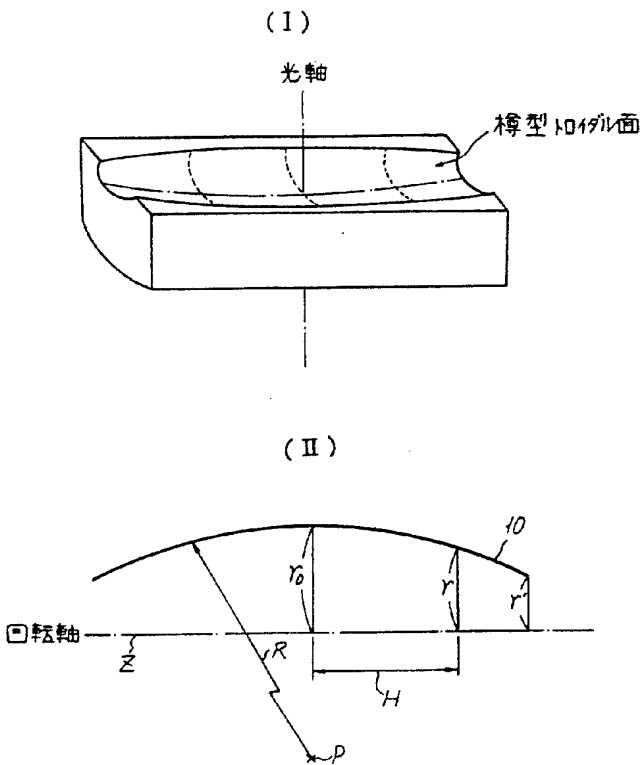
代理人 権山 亨  
本多 章 悟



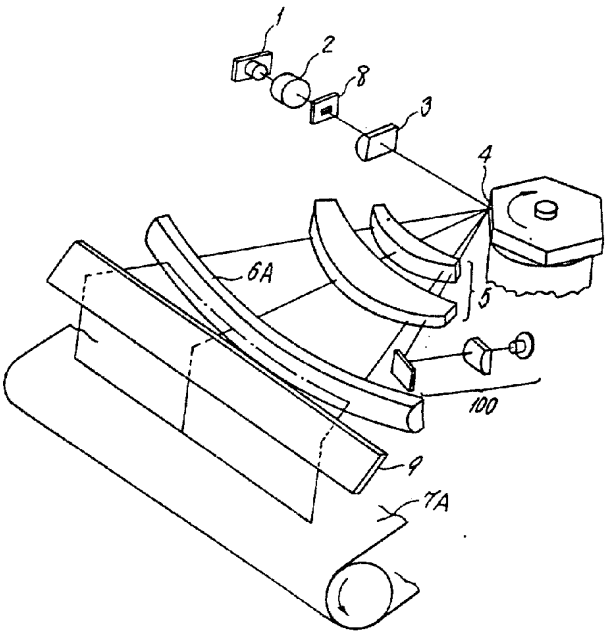




第 5 図

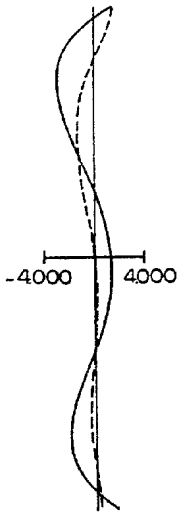


第 6 図



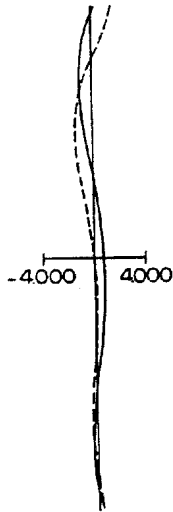
第 7 図

(実施例 1)



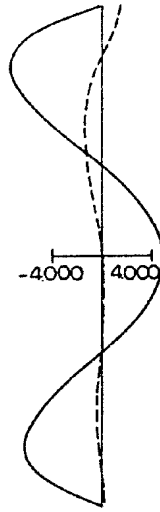
第 8 図

(実施例 2)



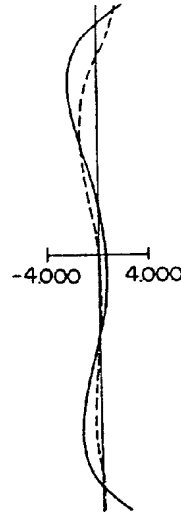
第 9 図

(実施例 3)



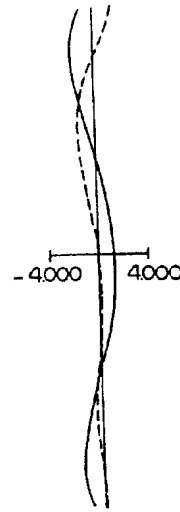
第 10 図

(実施例 4)



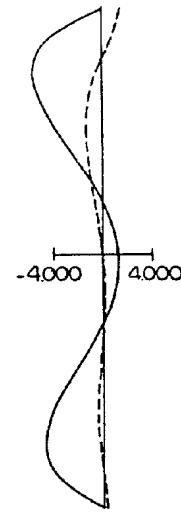
第 11 図

(実施例 5)



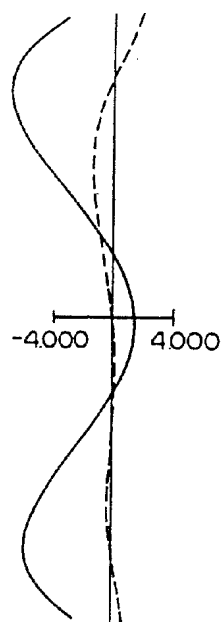
第 12 図

(実施例 6)



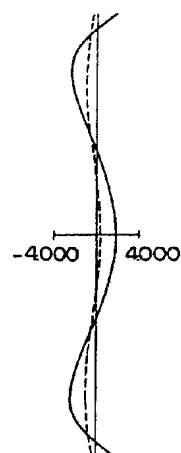
第 13 図

(比較例 1)



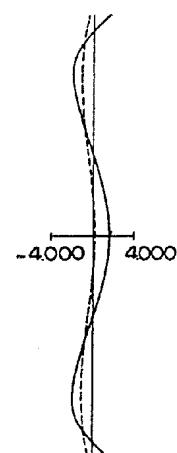
第 14 図

(実施例 7)



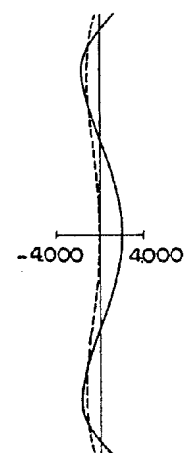
第 15 図

(実施例 8)



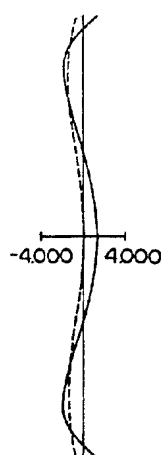
第 16 図

(実施例 9)



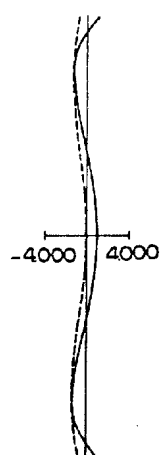
第 17 図

(実施例 10)



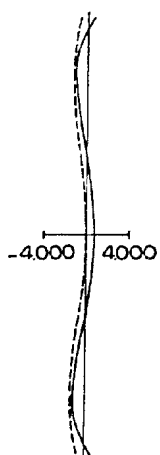
第 18 図

(実施例 11)



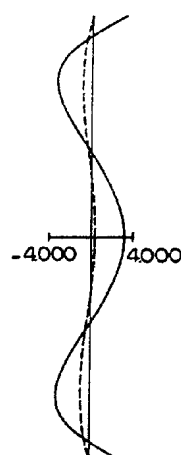
第 19 図

(実施例 12)



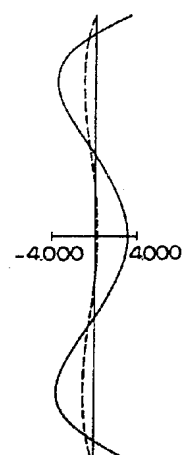
第 20 図

(実施例 13)



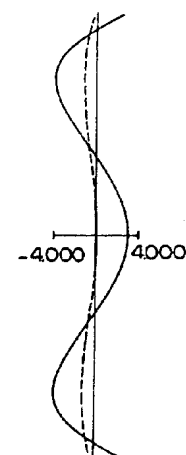
第 21 図

(実施例 14)



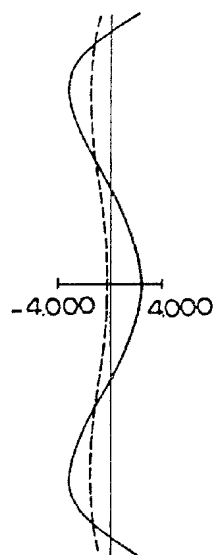
第 22 図

(実施例 15)



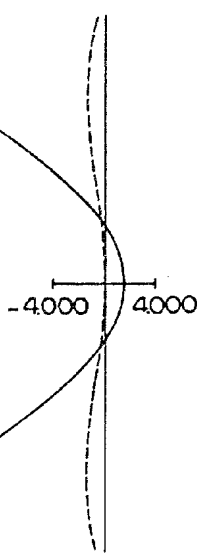
第 23 図

(実施例 16)



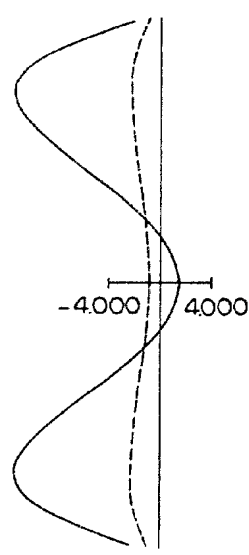
第 24 図

(比較例 2)



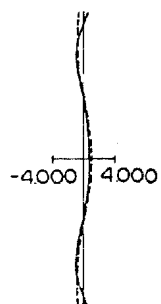
第 25 図

(比較例 3)



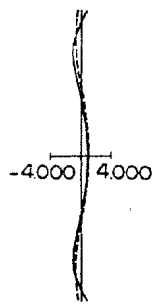
第 26 図

(実施例 17)



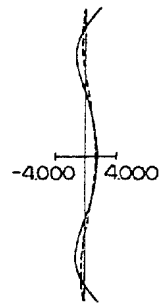
第 27 図

(実施例 18)



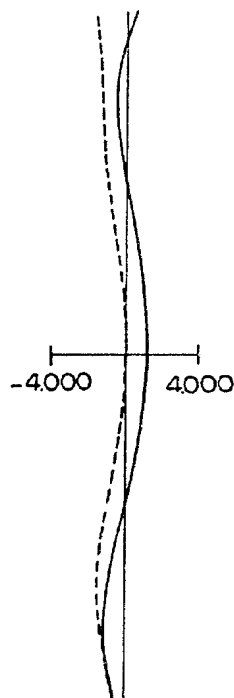
第 28 図

(実施例 19)



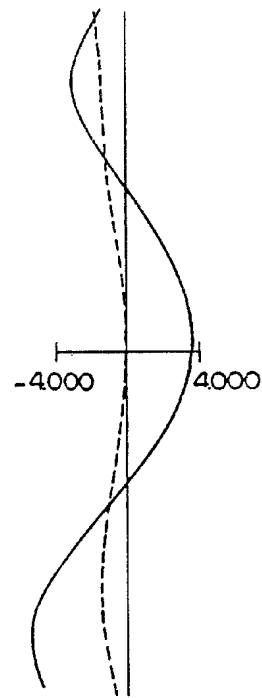
第 32 図

(実施例 23)



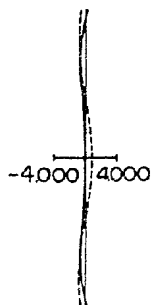
第 33 図

(実施例 24)



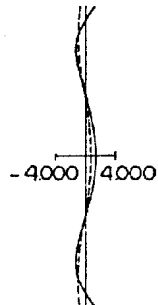
第 29 図

(実施例 20)



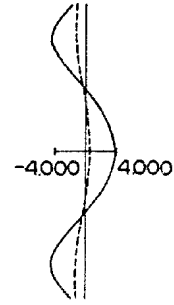
第 30 図

(実施例 21)



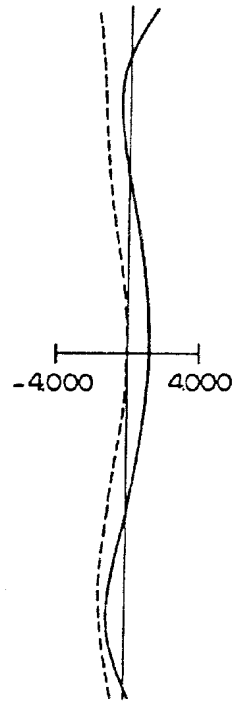
第 31 図

(実施例 22)



第 34 図

(実施例 25)



第 35 図

(実施例 26)

